

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-175132

(43)Date of publication of application : 02.07.1999

(51)Int.Cl.

G05B 19/42

B25J 13/00

G05B 13/02

G06F 15/18

(21)Application number : 09-363122

(71)Applicant : OMRON CORP

(22)Date of filing : 15.12.1997

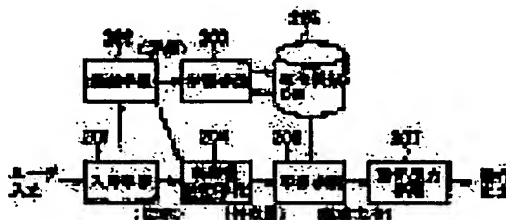
(72)Inventor : USHIDA HIROHIDE  
HIRAYAMA YUJI  
NAKAJIMA HIROSHI

(54) ROBOT, ROBOT SYSTEM, LEARNING METHOD FOR ROBOT, LEARNING METHOD FOR ROBOT SYSTEM, AND RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a robot, robot system, learning method for robot, a learning method for robot system, and a recording medium which make it possible to virtually experience enjoyment of training using action and voice like training an animal.

SOLUTION: A recognizing means 202 recognizes the kind of a user instruction or user evaluation and a feature quantity extracting means 204 extracts feature quantities regarding action, voice, etc., from the user input. A mapping function data base 205 holds knowledge or a mapping function for converting the feature quantities into operation to be outputted, a learning means 203 learns the knowledge or mapping function according to the user evaluation given as 'correct answer' or 'incorrect answer' that the user judges as to the output operation, and a mapping means 206 selects and use single knowledge or mapping function to convert the feature quantities into an operation instruction, and an operation output means 207 outputs the operation.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.06.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3211186

[Date of registration] 19.07.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

特開平11-175132

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月2日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	F I
G 0 5 B 19/42		G 0 5 B 19/42 D
B 2 5 J 13/00		B 2 5 J 13/00 Z
G 0 5 B 13/02		G 0 5 B 13/02 L
G 0 6 F 15/18	5 5 0	G 0 6 F 15/18 5 5 0 E
		5 5 0 C
審査請求 未請求 請求項の数36 F D (全 18 頁)		

(21) 出願番号 特願平9-363122

(22) 出願日 平成9年(1997)12月15日

(71) 出願人 000002945

オムロン株式会社

京都府京都市右京区花園土堂町10番地

(72) 発明者 牛田 博英

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ

ムロン株式会社内

(72) 発明者 平山 裕司

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ

ムロン株式会社内

(72) 発明者 中嶋 宏

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ

ムロン株式会社内

(74) 代理人 弁理士 飯塚 信市

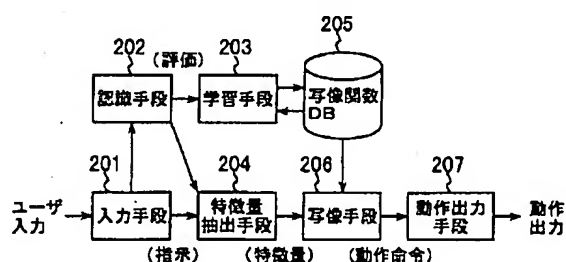
(54) 【発明の名称】 ロボット、ロボットシステム、ロボットの学習方法、ロボットシステムの学習方法および記録媒

(57) 【要約】 体

【課題】 動物を調教するような身振りや音声を用いた調教の楽しみを疑似的に体験し得るロボット、ロボットシステム、ロボットの学習方法、ロボットシステムの学習方法および記録媒体を提供する。

【解決手段】 認識手段202によりユーザ指示またはユーザ評価の種別を認識し、また特徴量抽出手段204により、ユーザ入力から身振りまたは音声等に関する特徴量を抽出し、写像関数データベース205には特徴量を出力すべき動作に変換する知識または写像関数を保持し、学習手段203により、知識または写像関数を、出力動作についてユーザが判断する「正解」または「不正解」によって与えられるユーザ評価に基づき学習して、さらに写像手段206により、1の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関数を用いて特徴量を動作命令に変換して、動作出力手段207から動作を出力する。

ロボット学習方式の構成図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力情報として少なくとも画像情報または音声情報を取得する入力手段と、動作を出力する動作出力手段と、前記入力手段により取得した入力情報を前記動作出力手段によって出力すべき動作に変換する知識または写像関数を保持する記憶手段と、前記記憶手段に保持されている知識または写像関数を、前記入力情報を介して与えられるユーザ評価に基づき学習する学習手段と、前記記憶手段から1の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関数を用いて前記入力情報を前記動作に変換する変換手段と、を具備することを特徴とするロボット。

【請求項2】 入力情報として少なくとも画像情報または音声情報を取得する入力手段と、前記入力情報についてユーザ指示またはユーザ評価の種別を認識する認識手段と、前記入力情報から特徴量を抽出する特徴量抽出手段と、動作を出力する動作出力手段と、前記入力情報のユーザ指示に基づく特徴量を前記動作出力手段によって出力すべき動作に変換する知識または写像関数を保持する記憶手段と、前記記憶手段に保持されている知識または写像関数を、前記ユーザ評価に基づき学習する学習手段と、前記記憶手段から1の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関数を用いて前記ユーザ指示に基づく特徴量を前記動作に変換する変換手段と、を具備することを特徴とするロボット。

【請求項3】 他のロボットとデータを送受信する通信手段を有し、前記学習手段により学習した知識または写像関数を、前記通信手段を介して他のロボットと送受信することを特徴とする請求項1または2に記載のロボット。

【請求項4】 前記入力情報は、身振り、手振り、頭部動作、表情または音声の少なくとも1つで表現されることを特徴とする請求項1、2または3に記載のロボット。

【請求項5】 前記入力手段は、ユーザが与える物理量を触覚情報としてセンシングする検知手段を有し、前記入力情報は、身振り、手振り、頭部動作、表情、音声または触覚の少なくとも1つで表現されることを特徴とする請求項1、2または3に記載のロボット。

【請求項6】 前記特徴量抽出手段は、前記入力情報から、身振り、手振り、頭部動作、表情または音声の少なくとも1つ以上に関する特徴量を抽出することを特徴とする請求項2、3、4または5に記載のロボット。

【請求項7】 前記ユーザ評価は、前記動作出力手段から出力される動作についてユーザが判断する「正解」または「不正解」によって与えられ、

前記認識手段は、前記入力情報が前記ユーザ評価である場合に、前記正解または前記不正解を認識し、前記学習手段は、前記動作出力手段から出力した動作に変換した知識または写像関数を、前記ユーザ評価の正解または不正解に基づいて学習することを特徴とする請求項2、3、4、5または6に記載のロボット。

【請求項8】 前記正解または前記不正解は、身振り、手振り、頭部動作、表情、音声または触覚の少なくとも1つで表現されることを特徴とする請求項7に記載のロボット。

【請求項9】 前記動作出力手段は、前記動作を視覚的に表示出力する表示出力手段であることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7または8に記載のロボット。

【請求項10】 複数のロボットと、情報処理装置と、を具備するロボットシステムであって、前記ロボットは、入力情報として少なくとも画像情報または音声情報を取得する入力手段と、動作を出力する動作出力手段と、前記入力手段により取得した入力情報を前記動作出力手段によって出力すべき動作に変換する知識または写像関数を保持する記憶手段と、前記記憶手段から1の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関数を用いて前記入力情報を前記動作に変換する変換手段と、前記情報処理装置とデータを送受信する通信手段と、を有し、前記情報処理装置は、前記ロボットとデータを送受信する通信手段と、一のロボットにおいて前記記憶手段に保持されている知識または写像関数を前記入力情報を介して与えられるユーザ評価に基づき学習し、学習後の知識または写像関数を前記通信手段を介して全てまたは一部のロボットに送信する学習手段と、を有することを特徴とするロボットシステム。

【請求項11】 複数のロボットと、情報処理装置と、を具備するロボットシステムであって、前記ロボットは、入力情報として少なくとも画像情報または音声情報を取得する入力手段と、前記入力情報についてユーザ指示またはユーザ評価の種別を認識する認識手段と、前記入力情報から特徴量を抽出する特徴量抽出手段と、動作を出力する動作出力手段と、前記入力情報のユーザ指示に基づく特徴量を前記動作出力手段によって出力すべき動作に変換する知識または写像関数を保持する記憶手段と、前記記憶手段から1の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関数を用いて前記ユーザ指示に基づく特

徴量を前記動作に変換する変換手段と、  
前記情報処理装置とデータを送受信する通信手段と、を  
有し、  
前記情報処理装置は、  
前記ロボットとデータを送受信する通信手段と、  
一のロボットにおいて前記記憶手段に保持されている知  
識または写像関数を前記入力情報を介して与えられるユ  
ーザ評価に基づき学習し、学習後の知識または写像関数  
を前記通信手段を介して全てまたは一部のロボットに送  
信する学習手段と、を有することを特徴とするロボット  
システム。

【請求項12】 前記入力情報は、身振り、手振り、頭  
部動作、表情または音声の少なくとも1つで表現される  
ことを特徴とする請求項10または11に記載のロボッ  
トシステム。

【請求項13】 前記入力手段は、ユーザが与える物理  
量を触覚情報としてセンシングする検知手段を有し、前  
記入力情報は、身振り、手振り、頭部動作、表情、音声  
または触覚の少なくとも1つで表現されることを特徴と  
する請求項10または11に記載のロボットシステム。

【請求項14】 前記特徴量抽出手段は、前記入力情報  
から、身振り、手振り、頭部動作、表情または音声の少  
なくとも1つ以上に関する特徴量を抽出することを特徴  
とする請求項11、12または13に記載のロボットシ  
ステム。

【請求項15】 前記ユーザ評価は、前記動作出力手段  
から出力される動作についてユーザが判断する「正解」  
または「不正解」によって与えられ、  
前記認識手段は、前記入力情報が前記ユーザ評価である  
場合に、前記正解または前記不正解を認識し、  
前記学習手段は、前記動作出力手段から出力した動作に  
変換した知識または写像関数を、前記ユーザ評価の正解  
または不正解に基づいて学習することを特徴とする請求  
項11、12、13または14に記載のロボットシステ  
ム。

【請求項16】 前記正解または前記不正解は、身振  
り、手振り、頭部動作、表情、音声または触覚の少なく  
とも1つで表現されることを特徴とする請求項15に記  
載のロボットシステム。

【請求項17】 前記動作出力手段は、前記動作を視覚  
的に表示出力する表示出力手段であることを特徴とする  
請求項10、11、12、13、14、15または16  
に記載のロボットシステム。

【請求項18】 入力情報として少なくとも画像情報ま  
たは音声情報を取得する入力手段と、動作を出力する動  
作出力手段と、を備えたロボットの学習方法であって、  
前記入力手段により取得した入力情報を前記動作出力手  
段によって出力すべき動作に変換する知識または写像関  
数を保持する記憶ステップと、  
前記保持されている知識または写像関数を、前記入力情

報を介して与えられるユーザ評価に基づき学習する学習  
ステップと、

1の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関  
数を用いて前記入力情報を前記動作に変換する変換ステ  
ップと、を具備することを特徴とするロボットの学習方  
法。

【請求項19】 入力情報として少なくとも画像情報ま  
たは音声情報を取得する入力手段と、動作を出力する動  
作出力手段と、を備えたロボットの学習方法であって、  
前記入力情報についてユーザ指示またはユーザ評価の種  
別を認識する認識ステップと、  
前記入力情報から特徴量を抽出する特徴量抽出ステッ  
プと、

前記入力情報のユーザ指示に基づく特徴量を前記動作出  
力手段によって出力すべき動作に変換する知識または写  
像関数を保持する記憶ステップと、  
前記保持されている知識または写像関数を、前記ユーザ  
評価に基づき学習する学習ステップと、

1の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関  
数を用いて前記ユーザ指示に基づく特徴量を前記動作に  
変換する変換ステップと、を具備することを特徴とする  
ロボットの学習方法。

【請求項20】 入力情報として少なくとも画像情報ま  
たは音声情報を取得する入力手段と、動作を出力する動  
作出力手段と、他のロボットとデータを送受信する通信  
手段と、を備えたロボットの学習方法であって、  
前記学習ステップにより学習した知識または写像関数  
を、前記通信手段を介して他のロボットと送受信する送  
受信ステップを具備することを特徴とする請求項18ま  
たは19に記載のロボットの学習方法。

【請求項21】 前記入力情報は、身振り、手振り、頭  
部動作、表情または音声の少なくとも1つで表現される  
ことを特徴とする請求項18、19または20に記載の  
ロボットの学習方法。

【請求項22】 前記入力手段は、ユーザが与える物理  
量を触覚情報としてセンシングする検知手段を有し、  
前記入力情報は、身振り、手振り、頭部動作、表情、音  
声または触覚の少なくとも1つで表現されることを特徴  
とする請求項18、19または20に記載のロボットの  
学習方法。

【請求項23】 前記特徴量抽出ステップは、前記入力  
情報から、身振り、手振り、頭部動作、表情または音声  
の少なくとも1つ以上に関する特徴量を抽出することを  
特徴とする請求項19、20、21または22に記載の  
ロボットの学習方法。

【請求項24】 前記ユーザ評価は、前記動作出力手段  
から出力される動作についてユーザが判断する「正解」  
または「不正解」によって与えられ、  
前記認識ステップは、前記入力情報が前記ユーザ評価で  
ある場合に、前記正解または前記不正解を認識し、

前記学習ステップは、前記動作出力手段から出力した動作に変換した知識または写像関数を、前記ユーザ評価の正解または不正解に基づいて学習することを特徴とする請求項19、20、21、22または23に記載のロボットの学習方法。

【請求項25】 前記正解または前記不正解は、身振り、手振り、頭部動作、表情、音声または触覚の少なくとも1つで表現されることを特徴とする請求項24に記載のロボットの学習方法。

【請求項26】 前記動作出力手段は、前記動作を視覚的に表示出力する表示出力手段であることを特徴とする請求項18、19、20、21、22、23、24または25に記載のロボットの学習方法。

【請求項27】 入力情報として少なくとも画像情報または音声情報を取得する入力手段と、動作を出力する動作出力手段と、データを送受信する通信手段とを備えた複数のロボットと、前記ロボットとデータを送受信する通信手段を備えた情報処理装置と、を具備するロボットシステムの学習方法であって、各ロボットにおいて、前記入力手段により取得した入力情報を前記動作出力手段によって出力すべき動作に変換する知識または写像関数を保持する記憶ステップと、各ロボットにおいて、1の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関数を用いて前記入力情報を前記動作に変換する変換ステップと、前記情報処理装置において、一のロボットが保持する知識または写像関数を前記入力情報を介して与えられるユーザ評価に基づき学習し、学習後の知識または写像関数を前記通信手段を介して全てまたは一部のロボットに送信する学習ステップと、を具備することを特徴とするロボットシステムの学習方法。

【請求項28】 入力情報として少なくとも画像情報または音声情報を取得する入力手段と、動作を出力する動作出力手段と、データを送受信する通信手段とを備えた複数のロボットと、前記ロボットとデータを送受信する通信手段を備えた情報処理装置と、を具備するロボットシステムの学習方法であって、各ロボットにおいて、前記入力情報についてユーザ指示またはユーザ評価の種別を認識する認識ステップと、各ロボットにおいて、前記入力情報から特徴量を抽出する特徴量抽出ステップと、各ロボットにおいて、前記入力情報のユーザ指示に基づく特徴量を前記動作出力手段によって出力すべき動作に変換する知識または写像関数を保持する記憶ステップと、各ロボットにおいて、1の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関数を用いて前記ユーザ指示に基づく特徴量を前記動作に変換する変換ステップと、前記情報処理装置において、一のロボットが保持する知

識または写像関数を前記入力情報を介して与えられるユーザ評価に基づき学習し、学習後の知識または写像関数を前記通信手段を介して全てまたは一部のロボットに送信する学習ステップと、を具備することを特徴とするロボットシステムの学習方法。

【請求項29】 前記入力情報は、身振り、手振り、頭部動作、表情または音声の少なくとも1つで表現されることを特徴とする請求項27または28に記載のロボットシステムの学習方法。

【請求項30】 前記入力手段は、ユーザが与える物理量を触覚情報としてセンシングする検知手段を有し、前記入力情報は、身振り、手振り、頭部動作、表情、音声または触覚の少なくとも1つで表現されることを特徴とする請求項27または28に記載のロボットシステムの学習方法。

【請求項31】 前記特徴量抽出ステップは、前記入力情報から、身振り、手振り、頭部動作、表情または音声の少なくとも1つ以上に関する特徴量を抽出することを特徴とする請求項28、29または30に記載のロボットシステムの学習方法。

【請求項32】 前記ユーザ評価は、前記動作出力手段から出力される動作についてユーザが判断する「正解」または「不正解」によって与えられ、前記認識ステップは、前記入力情報が前記ユーザ評価である場合に、前記正解または前記不正解を認識し、前記学習ステップは、前記動作出力手段から出力した動作に変換した知識または写像関数を、前記ユーザ評価の正解または不正解に基づいて学習することを特徴とする請求項28、29、30または21に記載のロボットシステムの学習方法。

【請求項33】 前記正解または前記不正解は、身振り、手振り、頭部動作、表情、音声または触覚の少なくとも1つで表現されることを特徴とする請求項32に記載のロボットシステムの学習方法。

【請求項34】 前記動作出力手段は、前記動作を視覚的に表示出力する表示出力手段であることを特徴とする請求項27、28、29、30、31、32または33に記載のロボットシステムの学習方法。

【請求項35】 請求項18、19、20、21、22、23、24、25または26に記載のロボットの学習方法をコンピュータに実行させるためのプログラムとして記憶したコンピュータにより読み取り可能な記録媒体。

【請求項36】 請求項27、28、29、30、31、32、33または34に記載のロボットシステムの学習方法をコンピュータに実行させるためのプログラムとして記憶したコンピュータにより読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ロボット、ロボットシステム、ロボットの学習方法、ロボットシステムの学習方法および記録媒体に係り、特に、動物を調教するような身振りや音声を用いた調教の楽しさを疑似的に体験し得るロボット、ロボットシステム、ロボットの学習方法、ロボットシステムの学習方法および記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】人間が動物を調教する場合、例えば、犬に「お座り」や「お手」を教えるなどの場合には、身振りや音声を用いて調教する。また、飼い主とペットとのコミュニケーションにおいては、最初からコミュニケーションのルールが決まっているのではなく、飼い主とペットの間でインタラクションを繰り返している間に、独自のコミュニケーションルールが形成されてくる。この独自のコミュニケーションルールの形成が飼い主にとってペットを飼育することの大きな魅力の1つとなっている。さらに、コミュニケーションルールの形成結果だけでなく、形成過程についても飼い主にとっての楽しみとなる。すなわち、1回の教示だけでペットが学習を完了してしまうと教え甲斐がなく、何度か間違えながら学習し上達していくペットの成長過程に関与することが飼い主にとって喜びとなる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】これに対して、機械学習に関する従来技術として、ニューラルネットワークを用いる方法がある。しかし、このニューラルネットワークの学習では、教師信号（正解）が必要である。一般に、調教においては、飼い主がペットに手本を示すようなことは行わず、ペットの動作が正解か否かだけを教えるため、ニューラルネットワーク学習は問題を解決できない。

【0004】また、教師信号を必要としない学習方法として、最適化手法の一種である遺伝的アルゴリズムがある。この遺伝的アルゴリズムは、問題解決のための知識を生物の遺伝子を模倣した個体で表現する。複数の個体を用意しておき、各個体に問題を与えると個体ごとに出力が得られるので、それぞれの出力を評価し、該評価によって個体を淘汰していくうちに最適な個体だけが残る仕組みである。しかし、従来の遺伝的アルゴリズムでは、評価基準を予め機械に与えておき、以後は評価が自動的に行われるような仕組みになっており、ペットの調教のように人間とペットが対話しながら評価する手法として、この従来の遺伝的アルゴリズムをそのまま適用することはできない。

【0005】これに対して、人間が固体に対して主観的評価を与えることができる対話型遺伝的アルゴリズムが提案されている。この対話型遺伝的アルゴリズムでは、例えば、似顔絵を自動作成する装置に応用した場合、それぞれの個体が生成した結果（似顔絵画像）をコンピュ

ータ画面に一覧表示させるなどして、同時に複数の個体をインタラクティブに評価できるような工夫がなされている。しかし、ロボットの調教の場合は、1台のロボットが複数の個体から得られる結果を同時に出力することはできない。また、1台のロボットが連続的に順番に結果を出力する方法も考えられるが、これでは現実の調教の手順とは全く異なるという点で問題がある。

【0006】この発明は、このような従来の事情に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、身振りや音声によるユーザの入力とロボット動作出力との関係を自動的に学習する方法として、1つの動作を評価するだけで複数の知識を修正する方法を繰り返し用いることにより、動物を調教するような身振りや音声を用いた調教の楽しさを疑似的に体験し得るロボット、ロボットシステム、ロボットの学習方法、ロボットシステムの学習方法および記録媒体を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本出願の請求項1に記載の発明は、入力情報として少なくとも画像情報または音声情報を取得する入力手段と、動作を出力する動作出力手段と、前記入力手段により取得した入力情報を前記動作出力手段によって出力すべき動作に変換する知識または写像関数を保持する記憶手段と、前記記憶手段に保持されている知識または写像関数を、前記入力情報を介して与えられるユーザ評価に基づき学習する学習手段と、前記記憶手段から1の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関数を用いて前記入力情報を前記動作に変換する変換手段とを具備することを特徴とするロボットにある。

【0008】また、本出願の請求項2に記載の発明は、入力情報として少なくとも画像情報または音声情報を取得する入力手段と、前記入力情報についてユーザ指示またはユーザ評価の種別を認識する認識手段と、前記入力情報から特徴量を抽出する特徴量抽出手段と、動作を出力する動作出力手段と、前記入力情報のユーザ指示に基づく特徴量を前記動作出力手段によって出力すべき動作に変換する知識または写像関数を保持する記憶手段と、前記記憶手段に保持されている知識または写像関数を、前記ユーザ評価に基づき学習する学習手段と、前記記憶手段から1の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関数を用いて前記ユーザ指示に基づく特徴量を前記動作に変換する変換手段とを具備することを特徴とするロボットにある。

【0009】また、本出願の請求項3に記載の発明は、他のロボットとデータを送受信する通信手段を有し、前記学習手段により学習した知識または写像関数を、前記通信手段を介して他のロボットと送受信することを特徴とする請求項1または2に記載のロボットにある。

【0010】また、本出願の請求項4に記載の発明は、前記入力情報は、身振り、手振り、頭部動作、表情また

は音声の少なくとも1つで表現されることを特徴とする請求項1、2または3に記載のロボットにある。

【0011】また、本出願の請求項5に記載の発明は、前記入力手段は、ユーザが与える物理量を触覚情報としてセンシングする検知手段を有し、前記入力情報は、身振り、手振り、頭部動作、表情、音声または触覚の少なくとも1つで表現されることを特徴とする請求項1、2または3に記載のロボットにある。

【0012】また、本出願の請求項6に記載の発明は、前記特徴量抽出手段は、前記入力情報から、身振り、手振り、頭部動作、表情または音声の少なくとも1つ以上に関する特徴量を抽出することを特徴とする請求項2、3、4または5に記載のロボットにある。

【0013】また、本出願の請求項7に記載の発明は、前記ユーザ評価は、前記動作出力手段から出力される動作についてユーザが判断する「正解」または「不正解」によって与えられ、前記認識手段は、前記入力情報が前記ユーザ評価である場合に、前記正解または前記不正解を認識し、前記学習手段は、前記動作出力手段から出力した動作に変換した知識または写像関数を、前記ユーザ評価の正解または不正解に基づいて学習することを特徴とする請求項2、3、4、5または6に記載のロボットにある。

【0014】また、本出願の請求項8に記載の発明は、前記正解または前記不正解は、身振り、手振り、頭部動作、表情、音声または触覚の少なくとも1つで表現されることを特徴とする請求項7に記載のロボットにある。

【0015】また、本出願の請求項9に記載の発明は、前記動作出力手段は、前記動作を視覚的に表示出力する表示出力手段であることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7または8に記載のロボットにある。

【0016】また、本出願の請求項10に記載の発明は、複数のロボットと、情報処理装置と、を具備するロボットシステムであって、前記ロボットは、入力情報として少なくとも画像情報または音声情報を取得する入力手段と、動作を出力する動作出力手段と、前記入力手段により取得した入力情報を前記動作出力手段によって出力すべき動作に変換する知識または写像関数を保持する記憶手段と、前記記憶手段から1の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関数を用いて前記入力情報を前記動作に変換する変換手段と、前記情報処理装置とデータを送受信する通信手段とを有し、前記情報処理装置は、前記ロボットとデータを送受信する通信手段と、一のロボットにおいて前記記憶手段に保持されている知識または写像関数を前記入力情報を介して与えられるユーザ評価に基づき学習し、学習後の知識または写像関数を前記通信手段を介して全てまたは一部のロボットに送信する学習手段とを有することを特徴とするロボットシステムにある。

【0017】また、本出願の請求項11に記載の発明

は、複数のロボットと、情報処理装置と、を具備するロボットシステムであって、前記ロボットは、入力情報として少なくとも画像情報または音声情報を取得する入力手段と、前記入力情報についてユーザ指示またはユーザ評価の種別を認識する認識手段と、前記入力情報から特徴量を抽出する特徴量抽出手段と、動作を出力する動作出力手段と、前記入力情報のユーザ指示に基づく特徴量を前記動作出力手段によって出力すべき動作に変換する知識または写像関数を保持する記憶手段と、前記記憶手段から1の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関数を用いて前記ユーザ指示に基づく特徴量を前記動作に変換する変換手段と、前記情報処理装置とデータを送受信する通信手段とを有し、前記情報処理装置は、前記ロボットとデータを送受信する通信手段と、一のロボットにおいて前記記憶手段に保持されている知識または写像関数を前記入力情報を介して与えられるユーザ評価に基づき学習し、学習後の知識または写像関数を前記通信手段を介して全てまたは一部のロボットに送信する学習手段とを有することを特徴とするロボットシステムにある。

【0018】また、本出願の請求項12に記載の発明は、前記入力情報は、身振り、手振り、頭部動作、表情または音声の少なくとも1つで表現されることを特徴とする請求項10または11に記載のロボットシステムにある。

【0019】また、本出願の請求項13に記載の発明は、前記入力手段は、ユーザが与える物理量を触覚情報としてセンシングする検知手段を有し、前記入力情報は、身振り、手振り、頭部動作、表情、音声または触覚の少なくとも1つで表現されることを特徴とする請求項10または11に記載のロボットシステムにある。

【0020】また、本出願の請求項14に記載の発明は、前記特徴量抽出手段は、前記入力情報から、身振り、手振り、頭部動作、表情または音声の少なくとも1つ以上に関する特徴量を抽出することを特徴とする請求項11、12または13に記載のロボットシステムにある。

【0021】また、本出願の請求項15に記載の発明は、前記ユーザ評価は、前記動作出力手段から出力される動作についてユーザが判断する「正解」または「不正解」によって与えられ、前記認識手段は、前記入力情報が前記ユーザ評価である場合に、前記正解または前記不正解を認識し、前記学習手段は、前記動作出力手段から出力した動作に変換した知識または写像関数を、前記ユーザ評価の正解または不正解に基づいて学習することを特徴とする請求項11、12、13または14に記載のロボットシステムにある。

【0022】また、本出願の請求項16に記載の発明は、前記正解または前記不正解は、身振り、手振り、頭部動作、表情、音声または触覚の少なくとも1つで表現

されることを特徴とする請求項 15 に記載のロボットシステムにある。

【0023】また、本出願の請求項 17 に記載の発明は、前記動作出力手段は、前記動作を視覚的に表示出力する表示出力手段であることを特徴とする請求項 10、11、12、13、14、15 または 16 に記載のロボットシステムにある。

【0024】また、本出願の請求項 18 に記載の発明は、入力情報として少なくとも画像情報または音声情報を取得する入力手段と、動作を出力する動作出力手段とを備えたロボットの学習方法であって、前記入力手段により取得した入力情報を前記動作出力手段によって出力すべき動作に変換する知識または写像関数を保持する記憶ステップと、前記保持されている知識または写像関数を、前記入力情報を介して与えられるユーザ評価に基づき学習する学習ステップと、1 の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関数を用いて前記入力情報を前記動作に変換する変換ステップとを具備することを特徴とするロボットの学習方法にある。

【0025】また、本出願の請求項 19 に記載の発明は、入力情報として少なくとも画像情報または音声情報を取得する入力手段と、動作を出力する動作出力手段とを備えたロボットの学習方法であって、前記入力情報についてユーザ指示またはユーザ評価の種別を認識する認識ステップと、前記入力情報から特徴量を抽出する特徴量抽出ステップと、前記入力情報のユーザ指示に基づく特徴量を前記動作出力手段によって出力すべき動作に変換する知識または写像関数を保持する記憶ステップと、前記保持されている知識または写像関数を、前記ユーザ評価に基づき学習する学習ステップと、1 の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関数を用いて前記ユーザ指示に基づく特徴量を前記動作に変換する変換ステップとを具備することを特徴とするロボットの学習方法にある。

【0026】また、本出願の請求項 20 に記載の発明は、入力情報として少なくとも画像情報または音声情報を取得する入力手段と、動作を出力する動作出力手段と、他のロボットとデータを送受信する通信手段と、を備えたロボットの学習方法であって、前記学習ステップにより学習した知識または写像関数を、前記通信手段を介して他のロボットと送受信する送受信ステップを具備することを特徴とする請求項 18 または 19 に記載のロボットの学習方法にある。

【0027】また、本出願の請求項 21 に記載の発明は、前記入力情報は、身振り、手振り、頭部動作、表情または音声の少なくとも 1 つで表現されることを特徴とする請求項 18、19 または 20 に記載のロボットの学習方法にある。

【0028】また、本出願の請求項 22 に記載の発明は、前記入力手段は、ユーザが与える物理量を触覚情報

としてセンシングする検知手段を有し、前記入力情報は、身振り、手振り、頭部動作、表情、音声または触覚の少なくとも 1 つで表現されることを特徴とする請求項 18、19 または 20 に記載のロボットの学習方法にある。また、本出願の請求項 23 に記載の発明は、前記特徴量抽出ステップは、前記入力情報から、身振り、手振り、頭部動作、表情または音声の少なくとも 1 つ以上に関する特徴量を抽出することを特徴とする請求項 19、20、21 または 22 に記載のロボットの学習方法にある。

【0029】また、本出願の請求項 24 に記載の発明は、前記ユーザ評価は、前記動作出力手段から出力される動作についてユーザが判断する「正解」または「不正解」によって与えられ、前記認識ステップは、前記入力情報が前記ユーザ評価である場合に、前記正解または前記不正解を認識し、前記学習ステップは、前記動作出力手段から出力した動作に変換した知識または写像関数を、前記ユーザ評価の正解または不正解に基づいて学習することを特徴とする請求項 19、20、21、22 または 23 に記載のロボットの学習方法にある。

【0030】また、本出願の請求項 25 に記載の発明は、前記正解または前記不正解は、身振り、手振り、頭部動作、表情、音声または触覚の少なくとも 1 つで表現されることを特徴とする請求項 24 に記載のロボットの学習方法にある。

【0031】また、本出願の請求項 26 に記載の発明は、前記動作出力手段は、前記動作を視覚的に表示出力する表示出力手段であることを特徴とする請求項 18、19、20、21、22、23、24 または 25 に記載のロボットの学習方法にある。

【0032】また、本出願の請求項 27 に記載の発明は、入力情報として少なくとも画像情報または音声情報を取得する入力手段と、動作を出力する動作出力手段と、データを送受信する通信手段とを備えた複数のロボットと、前記ロボットとデータを送受信する通信手段を備えた情報処理装置とを具備するロボットシステムの学習方法であって、各ロボットにおいて、前記入力手段により取得した入力情報を前記動作出力手段によって出力すべき動作に変換する知識または写像関数を保持する記憶ステップと、各ロボットにおいて、1 の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関数を用いて前記入力情報を前記動作に変換する変換ステップと、前記情報処理装置において、一のロボットが保持する知識または写像関数を前記入力情報を介して与えられるユーザ評価に基づき学習し、学習後の知識または写像関数を前記通信手段を介して全てまたは一部のロボットに送信する学習ステップとを具備することを特徴とするロボットシステムの学習方法にある。

【0033】また、本出願の請求項 28 に記載の発明は、入力情報として少なくとも画像情報または音声情報

を取得する入力手段と、動作を出力する動作出力手段と、データを送受信する通信手段とを備えた複数のロボットと、前記ロボットとデータを送受信する通信手段を備えた情報処理装置とを具備するロボットシステムの学習方法であって、各ロボットにおいて、前記入力情報についてユーザ指示またはユーザ評価の種別を認識する認識ステップと、各ロボットにおいて、前記入力情報から特徴量を抽出する特徴量抽出ステップと、各ロボットにおいて、前記入力情報のユーザ指示に基づく特徴量を前記動作出力手段によって出力すべき動作に変換する知識または写像関数を保持する記憶ステップと、各ロボットにおいて、1の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関数を用いて前記ユーザ指示に基づく特徴量を前記動作に変換する変換ステップと、前記情報処理装置において、一のロボットが保持する知識または写像関数を前記入力情報を介して与えられるユーザ評価に基づき学習し、学習後の知識または写像関数を前記通信手段を介して全てまたは一部のロボットに送信する学習ステップとを具備することを特徴とするロボットシステムの学習方法にある。

【0034】また、本出願の請求項29に記載の発明は、前記入力情報は、身振り、手振り、頭部動作、表情または音声の少なくとも1つで表現されることを特徴とする請求項27または28に記載のロボットシステムの学習方法にある。

【0035】また、本出願の請求項30に記載の発明は、前記入力手段は、ユーザが与える物理量を触覚情報としてセンシングする検知手段を有し、前記入力情報は、身振り、手振り、頭部動作、表情、音声または触覚の少なくとも1つで表現されることを特徴とする請求項27または28に記載のロボットシステムの学習方法にある。

【0036】また、本出願の請求項31に記載の発明は、前記特徴量抽出ステップは、前記入力情報から、身振り、手振り、頭部動作、表情または音声の少なくとも1つ以上に関する特徴量を抽出することを特徴とする請求項28、29または30に記載のロボットシステムの学習方法にある。

【0037】また、本出願の請求項32に記載の発明は、前記ユーザ評価は、前記動作出力手段から出力される動作についてユーザが判断する「正解」または「不正解」によって与えられ、前記認識ステップは、前記入力情報が前記ユーザ評価である場合に、前記正解または前記不正解を認識し、前記学習ステップは、前記動作出力手段から出力した動作に変換した知識または写像関数を、前記ユーザ評価の正解または不正解に基づいて学習することを特徴とする請求項28、29、30または21に記載のロボットシステムの学習方法にある。

【0038】また、本出願の請求項33に記載の発明は、前記正解または前記不正解は、身振り、手振り、頭

部動作、表情、音声または触覚の少なくとも1つで表現されることを特徴とする請求項32に記載のロボットシステムの学習方法にある。

【0039】また、本出願の請求項34に記載の発明は、前記動作出力手段は、前記動作を視覚的に表示出力する表示出力手段であることを特徴とする請求項27、28、29、30、31、32または33に記載のロボットシステムの学習方法にある。

【0040】また、本出願の請求項35に記載の発明は、請求項18、19、20、21、22、23、24、25または26に記載のロボットの学習方法をコンピュータに実行させるためのプログラムとして記憶したコンピュータにより読み取り可能な記録媒体にある。

【0041】さらに、本出願の請求項36に記載の発明は、請求項27、28、29、30、31、32、33または34に記載のロボットシステムの学習方法をコンピュータに実行させるためのプログラムとして記憶したコンピュータにより読み取り可能な記録媒体にある。

【0042】そして、この請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、18、19、20、21、22、23、24、25、26、35に記載の発明によれば、認識手段（認識ステップ）により、身振り、手振り、頭部動作、表情、音声または触覚の少なくとも1つで表現される入力情報についてユーザ指示またはユーザ評価の種別を認識し、また特徴量抽出手段（特徴量抽出ステップ）により、入力情報から身振り、手振り、頭部動作、表情または音声の少なくとも1つ以上に関する特徴量を抽出し、記憶ステップにより記憶手段に、入力情報のユーザ指示に基づく特徴量を動作出力手段によって出力すべき動作に変換する知識または写像関数を保持し、学習手段（学習ステップ）では、記憶手段に保持されている知識または写像関数を、出力動作についてユーザが判断する「正解」または「不正解」によって与えられるユーザ評価に基づき学習して、さらに変換手段（変換ステップ）により、記憶手段から1の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関数を用いてユーザ指示に基づく特徴量を動作に変換する。

【0043】これにより、ユーザからの指示に従うようにロボットを学習させることができ、また、ユーザ入力として身振りや音声等を用いるので機械操作に不慣れなユーザでも簡単にロボットを学習（訓練）させることができ、さらに、玩具等に応用した場合には、1つの動作を評価するだけで複数の知識等を学習する方法を繰り返し用いることにより、ユーザは動物を調教するような身振りや音声を用いた調教の楽しさを疑似的に体験することができる。

【0044】また特に、請求項3または20に記載の発明によれば、学習手段（学習ステップ）により学習した知識または写像関数を、送受信ステップで、通信手段を介して他のロボットと送受信するので、複数のロボット

間で、1台のロボットに対する調教結果を他のロボットにも反映させることができ、効率的な学習を行うことができる。

【0045】また、請求項10、11、12、13、14、15、16、17、27、28、29、30、31、32、33、34、36に記載の発明によれば、各ロボットにおいて、認識手段（認識ステップ）により、身振り、手振り、頭部動作、表情、音声または触覚の少なくとも1つで表現される入力情報についてユーザ指示またはユーザ評価の種別を認識し、また特徴量抽出手段（特徴量抽出ステップ）により、入力情報から身振り、手振り、頭部動作、表情または音声の少なくとも1つ以上に関する特徴量を抽出し、記憶ステップにより記憶手段に、入力情報のユーザ指示に基づく特徴量を動作出力手段によって出力すべき動作に変換する知識または写像関数を保持し、さらに変換手段（変換ステップ）により、記憶手段から1の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関数を用いてユーザ指示に基づく特徴量を動作に変換する。また一方、情報処理装置側では、学習手段（学習ステップ）により、記憶手段に保持されている知識または写像関数を、出力動作についてユーザが判断する「正解」または「不正解」によって与えられるユーザ評価に基づき学習し、学習後の知識または写像関数を通信手段を介して全てまたは一部のロボットに送信する。

【0046】これにより、ユーザからの指示に従うようにロボットを学習させることができ、また、ユーザ入力として身振りや音声等を用いるので機械操作に不慣れたユーザでも簡単にロボットを学習（訓練）させることができ、玩具等に应用した場合には、1つの動作を評価するだけで複数の知識等を学習する方法を繰り返し用いることにより、ユーザは動物を調教するような身振りや音声をを用いた調教の楽しさを疑似的に体験することができる、さらに、学習を情報処理装置側に任せてロボットには学習結果のみ保持するので、ロボット単体のコストを下げることができると共に、複数ロボット間の学習を効率的に行うことができる。

【0047】

【発明の実施の形態】以下、本発明のロボットおよびロボットの学習方法の実施の形態について、〔第1の実施形態〕、〔第2の実施形態〕、〔第3の実施形態〕の順に図面を参照して詳細に説明する。

【0048】〔第1の実施形態〕まず図1は、本発明のロボットおよびロボットの学習方法における基本動作原理を概念的に説明する説明図である。

【0049】図1において、まず、人間（ユーザ）はロボット101に何かを動作させたい場合に、ロボットに対して指示（A）を与える。例えば、指示（A）の与え方として「身振り」や「音声」がある。

【0050】一方、ロボット101は、身振りまたは音

声の特徴量を動作命令へ変換する写像関数を持っている。つまり、複数の写像関数がデータベースとして記憶されており、指示（A）が入力されると、ロボット101は、データベースから1つの写像関数をランダムに選択する。さらに、ロボット101は、選択された写像関数を用いて認識結果を動作命令へ変換し、該動作命令に相当する動作を出力（B）する。

【0051】人間（ユーザ）は、そのようなロボット101の動作出力（B）を観察（C）する。人間は、該観察（C）に基づいて、ロボット101の動作出力（B）を評価（D）する。すなわち、動作出力（B）が人間の意図と異なれば「ノー」の評価結果を、また人間の意図と一致すれば「イエス」の評価結果をロボット101に与える。

【0052】一方、ロボット101側では、評価結果を受けて、評価結果がイエスとされた写像関数を残し、評価結果がノーの写像関数が削除されるように、写像関数のデータベースを修正（E）する。また、評価結果がイエスの場合には、他の写像関数がイエスの写像関数に近づくように修正する。

【0053】次に、図2は本発明の第1の実施形態に係るロボット101の構成図である。図2において、本実施形態のロボット101は、入力手段201、認識手段202、学習手段203、特徴量抽出手段204、写像関数データベース205、写像手段206および動作出力手段207を備えて構成されている。

【0054】以下、本実施形態のロボット101を構成する各構成要素の機能および動作について、詳細に説明する。

【0055】まず、入力手段201は、ユーザからの指示または評価結果を入力するための装置であり、例えば、身振り（画像）を取り込むCCDカメラ、音声を入力するマイクロフォン、叩く動作や撫でる動作による振動を感知する振動センサ、或いは、押しボタン等がある。

【0056】次に、認識手段202は、入力手段201から送出される画像または音声等の入力データに、「イエス」または「ノー」を示す入力が含まれているかを認識し、含まれていればこの「イエス／ノー」を学習手段203に出力し、含まれていなければ「イエス／ノー」以外の入力である旨の信号を特徴量抽出手段204へ出力する。また、入力手段201から送出されるデータが振動センサによるもの場合には、振動データから「撫でている／叩いている」を識別する。すなわち、認識手段202内には、身振り（画像）データを認識する身振り認識手段、音声データを認識する音声認識手段、および、振動データを認識する振動認識手段を備えた構成となっている。以下では、身振り認識手段、音声認識手段および振動認識手段それぞれの具体的動作について説明する。

【0057】まず、身振り認識手段では、ユーザの評価結果として、入力手段201から身振り（画像）データが送出された場合に動作する。すなわち、CCDカメラから入力される動画像に含まれるユーザの身振りを認識する。

【0058】このような人間の身振り手振りを認識する技術は、柔軟なマンマシンインタフェースを構築する目的で開発されてきており、古くは動作者にデータグローブ等の接触型センサやマーカーを装着させて認識を行うものから、そのような装着を不要とするものまで種々の認識技術が提案されている。例えば、最近の論文として、西村拓一，向井理朗，野崎俊輔，岡隆一，”低解像度特徴を用いたジェスチャの単一動画像からのスポッティング認識”，電子情報通信学会論文誌，D-II，Vol. J80-D-II，No. 6，pp. 1563-1570，1997. には、センサ等の装着なしに、人間の身振りや手振りをとらえた動画像からのジェスチャ認識を、衣服・背景の変化や動作の軌跡変動に影響されることなく行うものが提案されている。このような身振り手振り認識技術を用いて身振り認識手段は実現される。これにより、身振り認識手段において、例えば、両手を上げた場合は「イエス」、片手を上げた場合は「ノー」といった身振り認識が可能である。

【0059】次に、音声認識手段では、ユーザの評価結果として、入力手段201から音声データが送出された場合に動作する。すなわち、マイクロフォンから入力される音声に含まれるユーザの「イエス／ノー」の音声を認識する。

【0060】さらに、振動認識手段では、ユーザの評価結果として、入力手段201から振動データが送出された場合に動作する。すなわち、振動センサから入力される振動データからユーザがロボット101を「撫でている／叩いている」を識別して、ユーザの評価を認識する。例えば、撫でている場合は「イエス」、叩いている場合は「ノー」と判断する。

【0061】より具体的に、認識は以下のようにして行う。すなわち、撫でている場合において振動の大きさは比較的小さく、何回も繰り返し撫でることから単位時間当たりの振動回数が多くなる。また一方、叩く場合においては、振動は比較的大きく振動回数は少ない。このような性質を利用して、振動の大きさおよび振動回数に基づいて、「撫でている／叩いている」の認識を行う。例えば、図3（a）および（b）に示すように、ファジイ変数として「振動の回数」および「振動の強さ」についてのメンバシップ関数を用意し、図3（c）に示すような、これらファジイ変数を用いた「振動を認識するファジイ推論規則」に基づいて、「撫でる／叩く」すなわち「イエス／ノー」の認識を行う。

【0062】次に、特徴量抽出手段204は、入力手段201から送出される画像または音声等のデータについ

て特徴量を抽出して出力する。この特徴量抽出手段204の出力は、図4に示すような、複数の特徴量（特徴量1～特徴量K）から構成される配列データ、すなわち特徴量ベクトルとなる。また、特徴量抽出手段204内には、身振り（画像）データについて特徴量を抽出をする身振り特徴量抽出手段、および、音声データについて特徴量を抽出する音声特徴量抽出手段を備えた構成となっている。以下では、身振り特徴量抽出手段および音声特徴量抽出手段それぞれの具体的な動作について説明する。

【0063】まず、身振り特徴量抽出手段では、ユーザの指示が身振りである場合に画像データから身振りの特徴量を抽出する。まず、認識手段202から身振りが「イエス／ノー」以外の身振りであるという旨の信号を受け取ると、その身振り（画像）データから身振り特徴量の抽出を開始する。身振り特徴量を抽出する手順は、以下の通りである。

【0064】まず、画像データの1フレーム毎に両手と顔の肌色領域を抽出する。そして次に、これら肌色領域の重心を求める。さらに、連続するフレームについて重心を求め、該重心座標値をプロットしていくと重心の軌跡が求まる。身振り動作時においては、手の動く方向が変化する時に、重心の軌跡にも変曲点が出現することから、隣接するフレーム間の重心のXY座標値の差分より、重心が変化する方向を、水平方向をX座標、垂直方向をY座標として求める。具体的には、「 $\tan \theta = X \text{座標値差分} / Y \text{座標値差分}$ 」として、 $\theta$ の値を求め、該 $\theta$ がしきい値以上変化した場合に変曲点とみなす。このようにして求められた変曲点の時系列パターンを身振り特徴量として用いることができる。例えば、i番目の変曲点の方向を $\theta_i$ として、（ $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5$ ）を特徴量ベクトルとする。

【0065】次に、音声特徴量抽出手段では、ユーザからの指示が音声で与えられた場合に音声データから音声の特徴量を抽出する。まず、認識手段202から音声「イエス／ノー」以外の音声であるという旨の信号を受け取ると、その音声データから音声特徴量の抽出を開始する。

【0066】音声特徴量は、良く知られた線形予測分析によって求められるLPC係数を用いることができる。例えば、20次の線形予測分析を行った場合の出力は、20個の特徴量から構成される特徴量ベクトル（図4参照）となる。尚、線形予測分析等については、中川聖一，鹿野清宏，東倉洋一著による「ニューロサイエンス&テクノロジーシリーズ；音声・聴覚と神経回路網モデル」（1990年，オーム社発行）に詳しい。

【0067】次に、写像手段206は、後述する複数の写像関数を記憶した写像関数データベース205から1個の写像関数をランダムに選択し、その写像関数を用いて、特徴量抽出手段204から受け取る特徴量ベクトル

を動作出力手段207に出力すべき動作命令に変換する。この動作命令は、図5に示すような、複数の動作（動作1～動作L）から構成される配列データとなる。

【0068】写像関数の例として、ここでは図6に示すような階層型ニューラルネットワークを使用する。階層型ニューラルネットワークは、入力層、隠れ層（中間層）および出力層を備え、各層は複数のユニットを備える。入力層に与えた信号（ここでは、特徴量1～特徴量K）が結合の重みによって変換されながら出力層のユニットの値（ここでは、動作1～動作L）として出力される前向きの信号伝搬を行う。すなわち、1つの写像関数に対して1つのニューラルネットワークが割り当てられ、ニューラルネットワークにおける入力層の各ユニットに特徴量が割り当てられ、出力層の各ユニットに動作命令が割り当てられる。特徴量ベクトルが入力されてニューラルネットワークの計算処理が行われたときに、出力層で最大値を持つユニットの動作命令が写像手段206の出力となる。

【0069】ニューラルネットワークにおいて、「ユニット間の結合重み値」と「ユニットのしきい値」を関数パラメータと呼ぶことにする。初期設定として、関数パラメータが異なるように設定しておくことで、複数の異なる写像関数を作ることができる。また、写像関数として、次式（数1）のような重み付き線形和を用いることもできる。すなわち、

【数1】

$$y_i = \sum w_{ij} \cdot x_j \quad (\text{数1})$$

ここで、 $i = 1 \sim L$ 、 $j = 1 \sim K$ で、

L：特徴量の数、

K：動作命令の数、

$y_i$ ：i番目の動作命令の値、

$w_{ij}$ ：j番目の特徴量のi番目の動作命令に対する係数、

$x_j$ ：j番目の特徴量。

この場合、 $w_{ij}$ が関数パラメータとなる。上記線形式のうち、最大値となる線形式に割り当てられた動作命令が写像手段206から出力される。

【0070】次に、写像関数データベース205では、写像手段206で用いられる写像関数を記憶する。写像関数全体を記憶しておくこともできるが、関数パラメータのみを記憶しておくこともできる。図7に写像関数データベース206内に記憶される写像関数の関数パラメータの例を示す。

【0071】次に、学習手段203では、写像関数データベース205の写像関数を学習によって修正する。この修正により、ユーザにとって望ましい動作出力が得られるようになる。本実施形態では、学習の手法としては、遺伝的アルゴリズムを使用する。

【0072】ここで、遺伝子アルゴリズムで使用される語について説明をしておく。「遺伝子 (gene)」は個体

の性質を規定する基本的構成要素であり、「染色体 (chromosome)」は遺伝子の集合体である。また「個体 (individual)」は染色体によって特徴づけられた自律的な個であり、「集団 (population)」は個体の集まりである。また「遺伝子型 (genotype)」は特徴量と特徴量のマッピングの表現方法であり、一般的には“0”と“1”のビット列を用いるが、ここでは実数値を用いる。また「遺伝子座 (locus)」は染色体上の遺伝子の位置を意味する。さらに「表現型 (phenotype)」は染色体によって規定される形質の外部的表現であり、遺伝子型は形質の染色体による内部表現である。表現型から遺伝子型への写像を「コード化 (coding)」と呼び、遺伝子型から表現型への写像を「デコード化 (decoding)」という。尚、多くの探索問題において、表現型＝遺伝子型とすれば十分であることが経験的に知られている。

【0073】図8に示すように、本実施形態では、個体を1つの写像関数とし、集団を全ての写像関数の集まり（個体数がP個の集団を仮定）としている。また、染色体は写像関数パラメータの配列であり、遺伝子は1つの写像関数パラメータである。

【0074】次に、遺伝的アルゴリズムによる学習処理の流れについて図9のフローチャートを参照しながら説明する。尚、従来の遺伝子アルゴリズムにおいては、1回毎に全ての個体を評価するが、本実施形態の遺伝子アルゴリズムでは、1回に選択される個体は1個だけである。また、評価は「イエス／ノー」の2値である。したがって、従来の遺伝子アルゴリズムをそのまま適用することができず、図9に示すような新しい遺伝子アルゴリズムの処理フローが必要となる。

【0075】図9において、まずステップS901では、初期集団を発生する。遺伝子の初期値は乱数によって決めてもよいし、ユーザが任意に与えるようにしてもよい。次に、ステップS902では、選択された個体（写像関数）を用いた場合のユーザの評価結果を認識手段202から取得する。そしてステップS903では、ユーザ評価結果の内容「イエス／ノー」により分岐する。

【0076】すなわち、ステップS903においてユーザ評価結果が「イエス」の場合には、その個体が表現する写像関数は正しかったことになる。これを「正解個体」と呼び、次世代に残すべき個体である。この場合、ステップS904に進んで、正解個体を除いた集団の（P-1）個の各個体について、正解個体との間で交差を行い子個体を生成する。すなわち、図10の説明図に示すように、図10（a）において、正解個体を除いた（P-1）個の個体の集団から順番に1つずつ選んで親個体とし、図10（b）において、正解個体と親個体との間で交差を行って1つの子個体を作る。ここで、「交差」とは、1つの個体間で任意の位置で切れた遺伝子同士をつなぎ合わせる操作であり、これによって優秀な遺

伝子同士を組み合わせることで精度を向上していくものである。尚、交差方法には、一点交差、二点交差、一様交差等がある。

【0077】次に、ステップS905では、突然変異の確認を行うべく、確率により突然変異を実行するか否かを決定する。ここで、「突然変異」とは、ある時突然に遺伝子が増減してしまう現象である。これによりローカルミニマムに陥るのを防ぐ。尚、どこをどのように変えるかはランダムに決定される。例えば、それぞれの子個体に対して0～1の間で乱数を生成し、生成された数値が0.5未満ならば突然変異を実行せず、0.5以上ならば突然変異を実行するというように設定する。

【0078】さらに、ステップS906では、突然変異を実行する。すなわち、図19(c)に示すように、ステップS905の生成数値に基づいて、確率的に子個体を突然変異させるか、或いは突然変異させない。尚、突然変異させない場合には、ステップS905からステップS902に移行する。

【0079】以上のように、ステップS903において、評価結果が「イエス」の場合、ステップS904～S906を(P-1)個の親個体について実行して(P-1)個の子個体を作成する。すなわち、図10(d)および(e)に示すように、正解個体と(P-1)個の子個体を合わせたP個の個体からなる集団を、次世代の集団として、写像関数データベース205の古い集団と入れ替える。

【0080】尚、以上の説明では、正解個体1個と(P-1)個の親個体から(P-1)個の子個体を作成したが、正解個体をN個複製して、正解個体N個と(P-N)個の親個体から(P-1)個の子個体を作成するようにしてもよい。この場合、(P-1)個の親個体から(P-N)個をランダムに選択するか、或いは、正解個体との距離が近い順に(P-N)個を選択する。距離は、遺伝子座ごとに二乗誤差を求め、これを全ての遺伝子座について加算することにより求められる。さらに、上記距離を、それぞれの親個体の適合度とみなして、全ての親個体を評価することもできる。

【0081】また、ステップS903においてユーザ評価結果が「ノー」の場合には、その個体が表現する写像関数は間違っていたことになる。これを「不良個体」と呼び、ステップS907において、該不良個体を集団から削除する。不良個体を集団から削除したので、集団から個体が1つ欠けたことになっており、さらに、ステップS908では、新しい個体1つを生成して集団に補充する。尚、新しい個体の遺伝子は乱数で決定する。

【0082】以上の処理手順を繰り返すうちに、正解個体が増加し、不良個体が減少して、次第にロボット101の動作がユーザの意図に沿うようになる。

【0083】さらに、動作出力手段207では、写像手段206により取得された動作命令に基づき動作を出力

する。それぞれの動作命令に対して、ロボット101の4肢、首、尻尾等の各関節に取り付けられているモータに対する制御量が与えられており、動作命令が取得されると、相当する制御量を用いてロボット101の各関節を駆動する。

【0084】動作命令としては、大型ロボットの場合、例えば、「首を縦に振る」、「首を横に振る」、「尻尾を振る」、「4本足で立った状態から前足の1本を上げる(お手の姿勢)」、「両後足を曲げて尻を地面について両前足を上げる(お座りの姿勢)」、「4本の足を折り畳んで頭部を地面に着ける(伏せの姿勢)」等々がある。

【0085】以上、本実施形態のロボット101を構成する各構成要素の機能および動作について説明したが、次に、本実施形態のロボットの学習動作の全体的な処理手順について、図11に示すフローチャートを参照して説明する。

【0086】まず、ステップS1101では、入力手段201を介してユーザ入力を取得する。次に、ステップS1102では、認識手段202を用いて、入力が「指示」であるか、或いはロボット101が実行した動作に対する「評価」であるかを認識する。

【0087】入力が「評価」である場合には、ステップS1103に進んで、学習手段203により動作フラグを確認する。ここで、動作フラグは、入力が、ロボット101が動作を実行した後一定時間以内に与えられた評価であるか否かを判定するものである。すなわち、動作フラグが1の場合は、一定時間内に与えられ、直前のロボット101の実行動作に対する評価であるとみなされ、また、動作フラグが0の場合は、一定時間を越えて与えられ、実行動作に対する評価であるとはみなされない。動作フラグが1の場合にはステップS1104に進み、動作フラグが0の場合にはステップS1101に戻る。

【0088】つまり、動作フラグが1の場合、直前の実行動作に対する評価であるとみなされ、ステップS1104において、学習手段203を用いて写像関数群を学習する。また、ステップS1105では、学習手段203は動作フラグを0に戻して、ステップS1101に戻る。

【0089】また、ステップS1102において、入力が「指示」である場合には、ステップS1106に進んで、認識手段202により動作フラグを1にする。また、ステップS1107では、特徴量抽出手段204によりユーザ入力の特徴量を抽出する。次に、ステップS1108では、学習手段203により写像関数データベース205に保存してある写像関数群から1つの写像関数を選択し、ステップS1109で、選択した写像関数を用いて抽出された特徴量を動作命令に変換する。さらに、ステップS1110では、動作出力手段207によ

り写像手段206が出力する動作命令にしたがって動作を出力する。

【0090】次に、ステップS1111では、認識手段202により、動作出力手段207によって動作を出力してから一定時間が経過したか否かを判定する。一定時間が経過していれば動作フラグを0に戻した後、また一定時間が経過していなければ動作フラグを1としたまま、ステップS1101に戻る。

【0091】以上説明したように、図2に示された第1の実施形態のロボットおよびロボットの学習方法、並びに、該ロボットの学習方法をプログラムとして記録する記憶媒体では、認識手段202により、身振り、音声または（振動センシングによる）触覚で表現されるユーザ入力についてユーザ指示またはユーザ評価の種別を認識し、特徴量抽出手段204により、ユーザ入力から身振りまたは音声に関する特徴量を抽出し、また写像関数データベース205には、特徴量を動作出力手段207によって出力すべき動作に写像変換する写像関数等を保持し、学習手段203により、写像関数データベース205に保持されている写像関数群を、出力動作についてユーザが判断する「正解」または「不正解」によって与えられるユーザ評価に基づき学習して、さらに写像手段206により、写像関数データベース205から1の写像関数を選択して、該写像関数を用いて抽出された特徴量を動作命令に変換し、動作出力手段207から該動作命令に応じた動作を出力する。

【0092】これにより、ユーザからの指示に従うようにロボットを学習させることができ、新しい動作を教えていくことができるので飽きずに楽しむことができる。また、ユーザ入力として、身振りや音声等を用いるので機械操作に不慣れなユーザでも簡単にロボットを学習（訓練）させることができ、本物のペットを調教しているかのような育てる楽しみをユーザが享受できる。また、ユーザによって調教内容が異なるので、個性的なロボットを作る楽しみもある。さらに、1つの動作を評価するだけで複数の知識等を学習する方法を繰り返し用いることにより、ユーザは動物を調教するような身振りや音声を用いた調教の楽しみを疑似的に体験することができる。

【0093】尚、上記説明では、ロボットを実体的な装置として構成したが、これに限定されことなく、例えば、パーソナルコンピュータやゲーム機等の情報処理装置において、表示出力手段上に仮想的に形成されるロボットであってもよい。

【0094】〔第2の実施形態〕次に、図12は本発明の第2の実施形態に係るロボットシステムの構成図である。本実施形態のロボットシステムは、第1ロボット1201および第2ロボット1202の複数のロボットが存在し、同様の動作を学習させることを想定している。すなわち、複数のロボットが存在する場合に、個別に同

等の動作学習をさせたのでは効率的でないことから、1台のロボットに対する調教結果が他のロボットにも即座に反映されるように構成したものである。尚、同図において、図2に示される装置と同一構成部分については、同符号を付すことにより説明は省略する。

【0095】図12において、本実施形態の第1ロボット1201は、入力手段201、認識手段202、学習手段1213、通信手段1221、特徴量抽出手段204、写像関数データベース205、写像手段206および動作出力手段207を備えて構成されている。また、第2ロボット1202についても、通信手段1222以外は第1ロボット1201と同等の構成を備えている。

【0096】この第2の実施形態の特徴は、第1ロボット1201の学習手段1213により学習した写像関数を、写像関数データベース205内に保持すると共に、通信手段1221、1222を介して第2ロボット1202にも送信する。

【0097】すなわち、まず、第1ロボット1201が動作を出力して調教され、内部に持つ写像関数データベース205の知識（写像関数パラメータ）が学習される。この時、学習の遺伝子アルゴリズムにおいて、正解個体であった場合は、第1の実施形態で説明したと同様の手順を進めると共に、該正解個体を第2ロボット1202に対して通信手段1221、1222を介して送信する。一方、正解個体を受け取った第2ロボット1202側では、学習の遺伝子アルゴリズムにおいて、該正解個体に対して距離が最も離れた個体を削除し、該削除した個体の代わりに正解個体を置き、残りの個体と正解個体の間で交差等の操作を行う。

【0098】このように、本実施形態では、1台のロボットに対する調教結果を他のロボットにも反映させるので、複数のロボット間で効率的な学習を行うことができる。

【0099】〔第3の実施形態〕次に、図13は本発明の第3の実施形態に係るロボットシステムの構成図である。本実施形態は、第1ロボット1301および第2ロボット1302の複数のロボットと、計算機1300を備えたロボットシステムであって、第1ロボット1301および第2ロボット1302に対して同様の動作を学習させることを想定している。尚、同図において、図2に示される装置と同一構成部分については、同符号を付すことにより説明は省略する。

【0100】図13において、本実施形態の第1ロボット1301は、入力手段201、認識手段1302、通信手段1321、特徴量抽出手段204、写像関数データベース1305、写像手段206および動作出力手段207を備えて構成されている。また、第2ロボット1302についても、通信手段1322以外は第1ロボット1301と同等の構成を備えている。さらに、計算機1300は、通信手段1320および学習手段1313

を備えた構成である。

【0101】この第3の実施形態では、各ロボットにおいて、認識手段1312により、身振り音声または触覚で表現されるユーザ入力についてユーザ指示またはユーザ評価の種別を認識し、また特徴量抽出手段204により、ユーザ入力から身振りまたは音声に関する特徴量を抽出し、写像関数データベース1315には、ユーザ指示に基づく特徴量を動作出力手段207によって出力すべき動作に変換する知識や写像関数パラメータが保持され、写像手段206により、写像関数データベース1315から1の写像関数が選択され、該写像関数を用いて抽出された特徴量を動作命令に変換し、動作出力手段207により該動作命令に応じた動作を出力する。また一方、計算機1300側では、学習手段1320により、各ロボットの写像関数データベース1325に保持されている知識や写像関数を、出力動作についてユーザが判断する「正解」または「不正解」によって与えられるユーザ評価に基づき学習し、学習後の知識や写像関数を通信手段1320を介して各ロボットに送信する。

【0102】例えば、第1ロボット1301が動作を出力して調教されるとする。この時、第1ロボット1301が持つ写像関数データベース1315の知識や写像関数、および、第2ロボット1302が持つ写像関数データベースの知識や写像関数が、計算機1300に送信される。また、第1ロボット1301が出力した動作が正解か不正解かの認識結果も計算機1300に送信される。計算機1300では、該認識結果を元にして、第1の実施形態で説明した遺伝子アルゴリズムを実行する。その後、この遺伝子アルゴリズムにより学習された知識や写像関数は、計算機1300から第1ロボット1301および第2ロボット1302に送信され、各写像関数データベースの内容が更新される。

【0103】これにより、第1の実施形態と同様に、ユーザからの指示に従うようにロボットを学習させることができ、また、ユーザ入力として身振りや音声等を用いるので機械操作に不慣れなユーザでも簡単にロボットを学習（訓練）させることができ、さらに、玩具等に応用した場合には、1つの動作を評価するだけで複数の知識等を学習する方法を繰り返し用いることにより、ユーザは動物を調教するような身振りや音声を用いた調教の楽しさを疑似的に体験することができるといった効果を奏する他に、本実施形態特有の効果として、学習を計算機1300側に任せて各ロボット1301、1302には学習結果のみ保持するので、ロボット単体のコストを下げることができると共に、複数ロボット間の学習を効率的に行うことができる。

【0104】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば、認識手段（認識ステップ）により、身振り、手振り、頭部動作、表情、音声または触覚の少なくとも

1つで表現される入力情報についてユーザ指示またはユーザ評価の種別を認識し、また特徴量抽出手段（特徴量抽出ステップ）により、入力情報から身振り、手振り、頭部動作、表情または音声の少なくとも1つ以上に関する特徴量を抽出し、記憶ステップにより記憶手段に、入力情報のユーザ指示に基づく特徴量を動作出力手段によって出力すべき動作に変換する知識または写像関数を保持し、学習手段（学習ステップ）では、記憶手段に保持されている知識または写像関数を、出力動作についてユーザが判断する「正解」または「不正解」によって与えられるユーザ評価に基づき学習して、さらに変換手段（変換ステップ）により、記憶手段から1の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関数を用いてユーザ指示に基づく特徴量を動作に変換することとしたので、ユーザからの指示に従うようにロボットを学習させることができ、また、ユーザ入力として身振りや音声等を用いるので機械操作に不慣れなユーザでも簡単にロボットを学習（訓練）させることができ、さらに、玩具等に応用した場合には、1つの動作を評価するだけで複数の知識等を学習する方法を繰り返し用いることにより、ユーザは動物を調教するような身振りや音声を用いた調教の楽しさを疑似的に体験し得るロボット、ロボットの学習方法および記録媒体を提供することができる。

【0105】また特に、学習手段（学習ステップ）により学習した知識または写像関数を、送受信ステップで、通信手段を介して他のロボットと送受信することとすれば、1台のロボットに対する調教結果を他のロボットにも反映させることができ、複数のロボット間で効率的な学習を行い得るロボット、ロボットの学習方法および記録媒体を提供することができる。

【0106】また、本発明によれば、各ロボットにおいて、認識手段（認識ステップ）により、身振り、手振り、頭部動作、表情、音声または触覚の少なくとも1つで表現される入力情報についてユーザ指示またはユーザ評価の種別を認識し、また特徴量抽出手段（特徴量抽出ステップ）により、入力情報から身振り、手振り、頭部動作、表情または音声の少なくとも1つ以上に関する特徴量を抽出し、記憶ステップにより記憶手段に、入力情報のユーザ指示に基づく特徴量を動作出力手段によって出力すべき動作に変換する知識または写像関数を保持し、さらに変換手段（変換ステップ）により、記憶手段から1の知識または写像関数を選択し、該知識または写像関数を用いてユーザ指示に基づく特徴量を動作に変換する。また一方、情報処理装置側では、学習手段（学習ステップ）により、記憶手段に保持されている知識または写像関数を、出力動作についてユーザが判断する「正解」または「不正解」によって与えられるユーザ評価に基づき学習し、学習後の知識または写像関数を通信手段を介して全てまたは一部のロボットに送信することとしたので、ユーザからの指示に従うようにロボットを学習

させることができ、また、ユーザ入力として身振りや音声等を用いるので機械操作に不慣れなユーザでも簡単にロボットを学習（訓練）させることができ、玩具等に応用した場合には、1つの動作を評価するだけで複数の知識等を学習する方法を繰り返し用いることにより、ユーザは動物を調教するような身振りや音声を用いた調教の楽しみを疑似的に体験することができ、さらに、学習を情報処理装置側に任せてロボットには学習結果のみ保持するので、ロボット単体のコストを下げることもできると共に、複数ロボット間の学習を効率的に行い得るロボットシステム、ロボットシステムの学習方法および記録媒体を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のロボットおよびロボットの学習方法における基本動作原理を概念的に説明する説明図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係るロボットの構成図である。

【図3】図3（a）、（b）はメンバシップ関数「振動の回数」および「振動の強さ」の説明図、図3（c）は振動を認識するファジィ推論規則の説明図である。

【図4】特徴量抽出手段の出力である特徴量ベクトル（配列データ）を例示する説明図である。

【図5】写像手段の出力である動作命令（配列データ）を例示する説明図である。

【図6】階層型ニューラルネットワークの説明図である。

【図7】写像関数データベース内に記憶される写像関数の関数パラメータを例示する説明図である。

【図8】遺伝子アルゴリズムにおいて写像関数を表現する個体の説明図である。

【図9】遺伝的アルゴリズムによる学習処理の流れを説明するフローチャートである。

【図10】子個体が作成される様子を説明する説明図である。

【図11】第1の実施形態のロボットにおける学習動作の全体的な処理手順を説明するフローチャートである。

【図12】本発明の第2の実施形態に係るロボットシステムの構成図である。

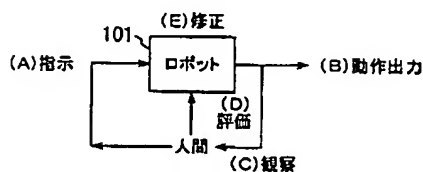
【図13】本発明の第3の実施形態に係るロボットシステムの構成図である。

#### 【符号の説明】

101, 1201, 1202, 1301, 1302  
ロボット  
201 入力手段  
202, 1312 認識手段  
203, 1213, 1313 学習手段  
204 特徴量抽出手段  
205, 1315 写像関数データベース  
206 写像手段  
207 動作出力手段  
1221, 1222, 1320, 1321, 1322  
通信手段

【図1】

ロボット学習方式の説明図



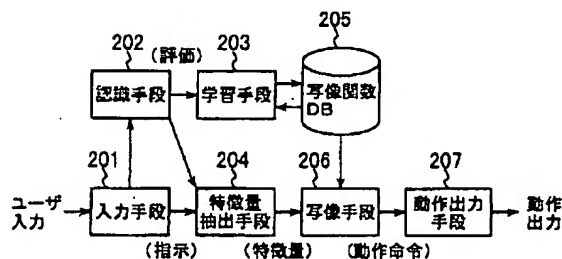
【図4】

特徴量抽出手段の出力例

特徴量1	特徴量2	特徴量3	...	特徴量K
------	------	------	-----	------

【図2】

ロボット学習方式の構成図



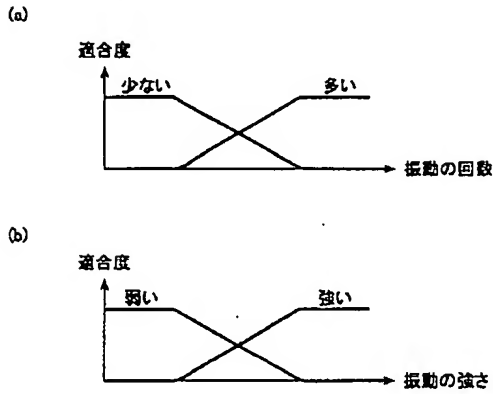
【図5】

写像手段の出力例

動作1	動作2	動作3	...	動作L
-----	-----	-----	-----	-----

【図3】

振動を認識するファジィ推論規則とメンバシップ関数



- (c)
- 振動を認識するファジィ推論規則
- もし、振動回数が少ない かつ 振動が強い ならば たたく (ノー)
- もし、振動回数が多く かつ 振動が弱い ならば 撫でる (イエス)

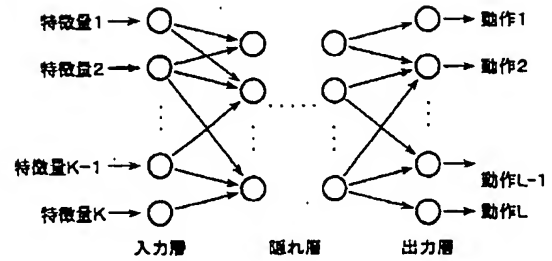
【図7】

写像関数データベースの例

1番目の写像関数のパラメータ	$W_{11}, W_{12}, W_{13}, \dots, W_{1j}, \dots, W_{1K}$ $W_{21}, W_{22}, W_{23}, \dots, W_{2j}, \dots, W_{2K}$ $\vdots$ $W_{L1}, W_{L2}, W_{L3}, \dots, W_{Lj}, \dots, W_{LK}$
2番目の写像関数のパラメータ	$W_{11}, W_{12}, W_{13}, \dots, W_{1j}, \dots, W_{1K}$ $W_{21}, W_{22}, W_{23}, \dots, W_{2j}, \dots, W_{2K}$ $\vdots$ $W_{L1}, W_{L2}, W_{L3}, \dots, W_{Lj}, \dots, W_{LK}$
$\vdots$	
P番目の写像関数のパラメータ	$W_{11}, W_{12}, W_{13}, \dots, W_{1j}, \dots, W_{1K}$ $W_{21}, W_{22}, W_{23}, \dots, W_{2j}, \dots, W_{2K}$ $\vdots$ $W_{L1}, W_{L2}, W_{L3}, \dots, W_{Lj}, \dots, W_{LK}$

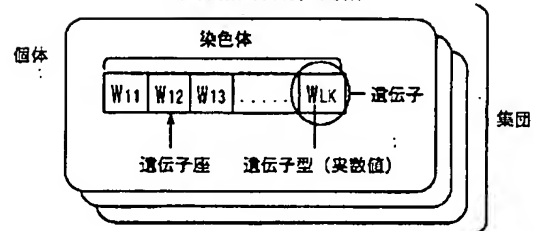
【図6】

ニューラルネットワーク

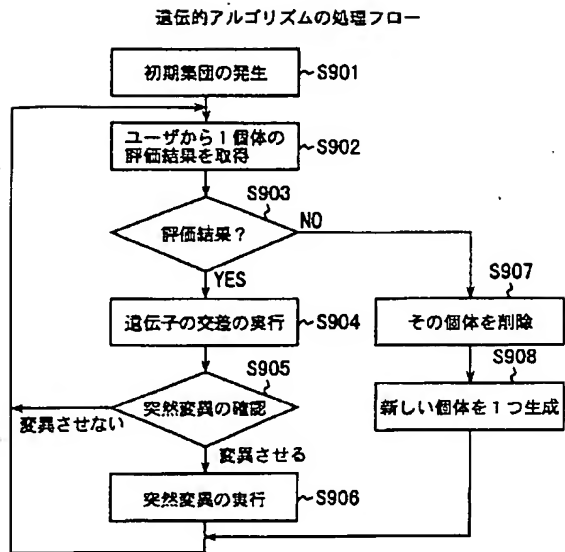


【図8】

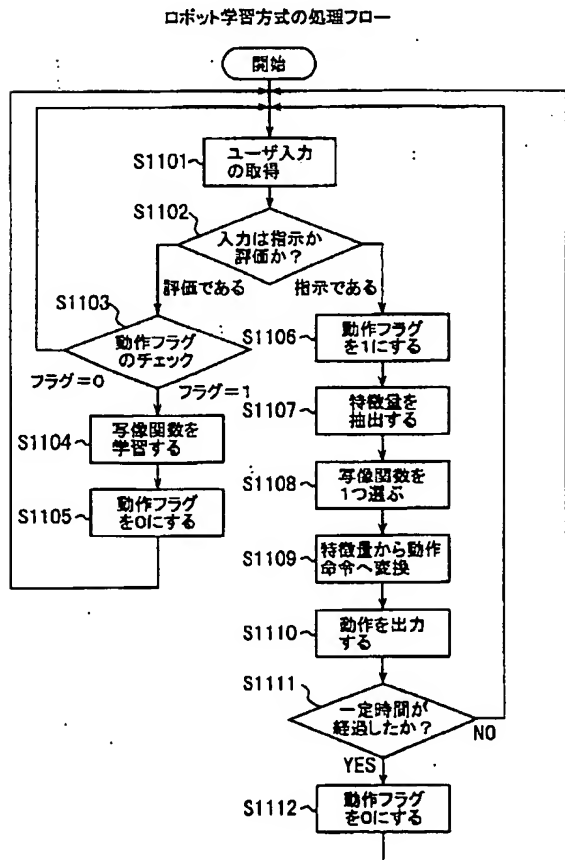
写像関数を表現する個体



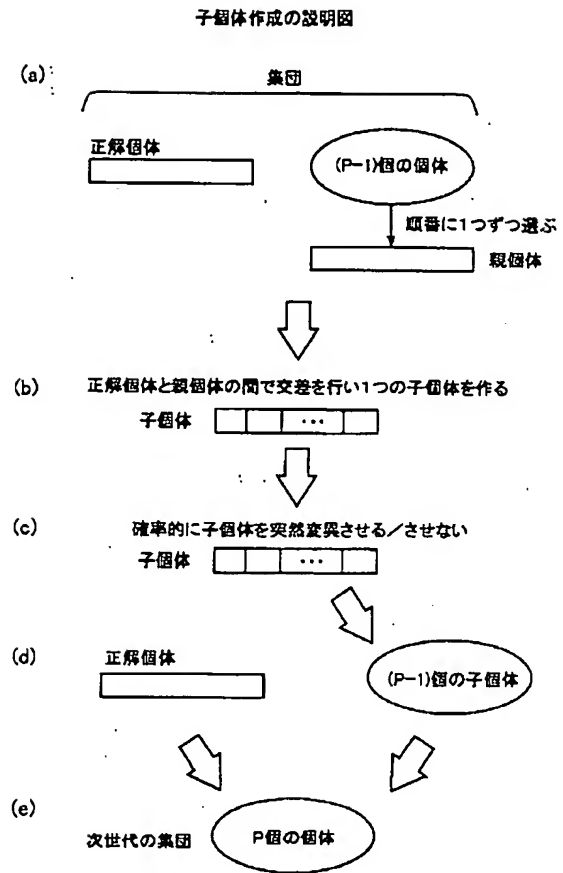
【図9】



【図11】

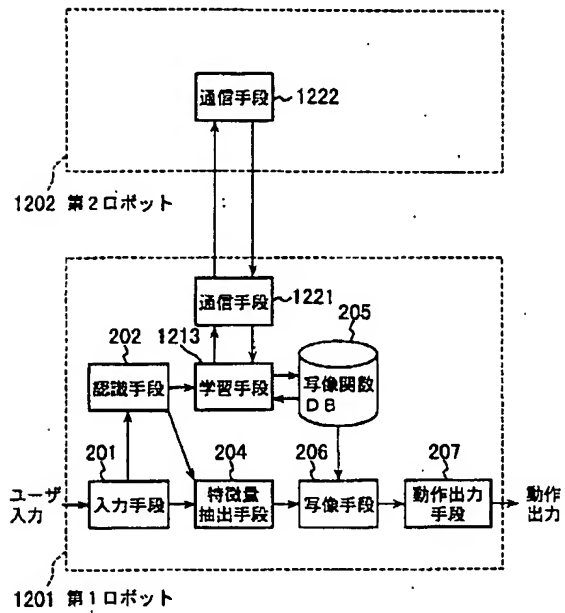


【図10】



【図 1 2】

ロボットが複数の場合の構成図 (1)



【図 1 3】

ロボットが複数の場合の構成図 (2)

